



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 14 JAN. 2002

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DE 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE <b>12 DEC 2001</b> LIEU <b>63</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>12 DEC. 2001</b> <b>Vos références pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> P10-1397/CL		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN Cédric LASSON Service SGD/LG/PI - LAD 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Dispositif de suspension d'une roue de véhicule à carrossage contrôlé.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		Société de Technologie MICHELIN	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		4 . 1 . 4 . 6 . 2 . 4 . 3 . 7 . 9	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue	23 rue Breschet	
	Code postal et ville	63000 CLERMONT-FERRAND	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			

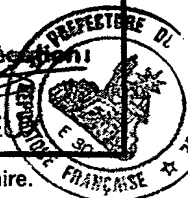


# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>12 DEC. 2001</b> LIEU <b>0116168</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)		P10-1397/CL	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7107 et 7112	
Adresse	Rue	23 place des Carmes Déchaux	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone (facultatif)		04 73 10 78 51	
N° de télécopie (facultatif)		04 73 10 86 96	
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Cédric LASSON, Salarié MFPM		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  P/Le Préfet, et par délégation P. DUCRE	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1b. / 2..

REMISE DES PIÈCES DATE <b>2 DEC 2001</b> LIEU <b>63</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI <b>0116168</b>		Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire	08 829 W / 260899
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		P10-1397/CL			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="text"/>			
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="text"/>			
		Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N° <input type="text"/>			
<b>5 DEMANDEUR</b>					
Nom ou dénomination sociale		MICHELIN Recherche et Technique S.A.			
Prénoms					
Forme juridique		Société Anonyme			
N° SIREN		<input type="text"/>			
Code APE-NAF		<input type="text"/>			
Adresse	Rue	Route Louis Braille 10 et 12			
	Code postal et ville	1763	GRANGES-PACCOT		
Pays		SUISSE			
Nationalité		Suisse			
N° de téléphone (facultatif)					
N° de télécopie (facultatif)					
Adresse électronique (facultatif)					
<b>5 DEMANDEUR</b>					
Nom ou dénomination sociale					
Prénoms					
Forme juridique					
N° SIREN		<input type="text"/>			
Code APE-NAF		<input type="text"/>			
Adresse	Rue				
	Code postal et ville				
Pays					
Nationalité					
N° de téléphone (facultatif)					
N° de télécopie (facultatif)					
Adresse électronique (facultatif)					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>			
Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Cédric LASSON, Salarié MFPM		P/Le Préfet et par délégation P. DUCREUX			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

La présente invention concerne la liaison au sol des véhicules, en particulier les dispositifs de suspension, et plus particulièrement le guidage des roues.

5 Les dispositifs de suspension ont deux fonctions principales qui doivent être assurées simultanément à tout moment lors du fonctionnement. L'une de ces fonctions est celle de suspendre le véhicule, c'est à dire permettre des oscillations sensiblement verticales de chaque roue en fonction de la charge appliquée à cette roue. L'autre de ces fonctions de ces dispositif est celle de guider la roue c'est à dire contrôler la position angulaire du plan de roue.

10 On appelle "plan de roue" le plan, lié à la roue, qui est perpendiculaire à l'axe de la roue et qui passe par le centre de l'aire de contact avec le sol. La position angulaire du plan de roue par rapport à la caisse du véhicule est définie par deux angles, l'angle de carrossage et l'angle de braquage. L'angle de carrossage d'une roue est l'angle séparant, dans un plan transversal perpendiculaire au sol, le plan de roue du plan médian du véhicule. Cet angle est positif lorsque la  
15 partie supérieure de la roue s'écarte du plan médian vers l'extérieur du véhicule, on parle alors couramment de "carrossage" ou de "carrossage positif". A l'inverse, lorsque cet angle est négatif, on parle de "contre-carrossage" ou de "carrossage négatif". L'angle de braquage d'une roue est l'angle séparant, dans un plan horizontal parallèle au sol, le plan de roue du plan médian du véhicule.

20

Sur la plupart des véhicules, l'angle de carrossage (on emploiera « carrossage » pour « angle de carrossage » par la suite) est fixe pour une position particulière de la suspension et du braquage c'est à dire qu'il ne peut théoriquement pas varier indépendamment du débattement de suspension ou du braquage. Cependant, il subit des variations induites par les déformations des éléments  
25 constitutifs du dispositif de suspension provoquées par les efforts exercés par le sol sur la roue. Ces variations peuvent être importantes. Par exemple, un véhicule de tourisme courant voit son carrossage varier de plusieurs degrés sous les efforts transversaux développés sur le pneumatique dans une courbe, indépendamment de la contribution du roulis de la caisse du véhicule (qui s'incline généralement dans le même sens sous l'effet de la force centrifuge). Cette variation  
30 « élastique » du carrossage fait tendre le carrossage vers des valeurs positives pour la roue extérieure au virage et vers des valeurs négatives pour la roue intérieure au virage. On intègre depuis longtemps ces variations prévisibles dans les compromis de conception ou de réglage des dispositifs de suspension de ces véhicules courants afin de limiter les effets néfastes qu'elles ont sur le fonctionnement de la liaison au sol.

Le carrossage a en effet une grande influence sur le comportement du véhicule et les performances de la liaison au sol. En particulier, les performances d'un pneumatique sont très variables en fonction de la configuration de son aire de contact au sol et cette configuration dépend en grande mesure du carrossage. Ce sont ces variations qui motivent principalement le choix de l'angle de carrossage statique. Ainsi, par exemple, on introduit généralement un carrossage statique négatif important sur un véhicule de compétition afin de compenser les variations dues aux déformations du pneumatique, des éléments de suspension pourtant bien plus rigides que sur les véhicules de tourisme et au roulis de la caisse. Cette configuration est à la fois utile et acceptable en compétition car les critères d'adhérence en virage y sont prédominants. Au contraire, sur un véhicule de tourisme, l'usure des pneumatiques et la stabilité en ligne droite ayant plus de poids dans le compromis recherché, on choisit un carrossage statique initial très faiblement négatif et on s'accommode de poussées de dérives réduites, principalement dans les courbes, lorsque les déformations du pneumatique et des éléments de la liaison au sol sous les efforts latéraux voient leurs effets sur le positionnement du plan de roue s'additionner aux effets du roulis du véhicule.

Dans le but d'optimiser le carrossage, en particulier lors d'accélération transversales, on a conçu des dispositifs de suspension dont le carrossage varie en fonction du débattement vertical de la roue. De cette manière, le roulis pris par la caisse du véhicule peut induire une variation utile du carrossage qui vienne compenser en partie ou totalement l'inclinaison de la caisse du véhicule et les déformations décrites plus haut. C'est le cas des systèmes appelées « multi-bras ». Ces dispositifs exigent une conception et une architecture de véhicule spécifiques, qu'on ne peut pas, pour des raisons d'encombrement et de prix de revient, mettre en œuvre sur la plupart des véhicules actuels. Ces systèmes ne réagissent qu'à la conséquence (débattement, roulis) d'une accélération transversale et non aux efforts qui la provoquent ce qui d'une part retarde l'effet de la correction et d'autre part oblige à tolérer un roulis généralement supérieur à ce que pourrait souhaiter l'utilisateur. De plus, pour permettre une variation suffisante du carrossage, la cinématique de ces systèmes imposent des déplacements de la position de l'aire de contact par rapport au véhicule, appelées « variations de voie » et ces variations peuvent également constituer une gêne. L'amplitude des corrections de carrossage rendues possibles par de tels systèmes est donc relativement limitée.

Du point de vue cinématique, en termes de degrés de liberté, les dispositifs de suspension n'ont en général qu'un degré de liberté (de la roue ou du porte-roue par rapport au véhicule). Ce degré de

liberté permet des mouvements de suspension verticale qui, comme on vient de le voir, peuvent être combinés à des variations de carrossage limitées.

On connaît cependant des systèmes où le contrôle du carrossage est actif, c'est-à-dire que les modifications de géométrie sont commandées par des mouvements de vérins, comme décrit, par exemple, dans les documents US 4515390 et DE 19717418. Dans ces systèmes, on a permis au moins un degré de liberté supplémentaire contrôlé par des actionneurs. Ces systèmes sont très particuliers puisqu'ils ne peuvent pas concerner les véhicules les plus courants en particulier à cause de leur encombrement et de la puissance importante nécessaire aux actionneurs. De plus, les variations de carrossage s'accompagnent d'importantes variations de hauteur de caisse ou de voie.

Un objectif de l'invention est un dispositif de suspension de construction simple, qui autorise un contrôle du carrossage sans apport d'énergie ou avec un apport faible, sensiblement indépendamment des oscillations verticales de la suspension et, plus généralement, des mouvements de la caisse du véhicule, et qui permette de minimiser les variations de voie.

Cet objectif est réalisé par un dispositif de suspension reliant un porte-roue à une caisse d'un véhicule, ledit porte-roue étant destiné à porter une roue de rayon ' $r$ ', ladite roue étant destinée à reposer au sol par l'intermédiaire d'une aire de contact, ledit dispositif comportant des moyens conférant au porte-roue, par rapport à la caisse, un degré de liberté de carrossage et un degré de liberté de débattement de suspension indépendants l'un de l'autre, caractérisé en ce que ledit dispositif est configuré de manière à ce que le mouvement de carrossage du porte-roue par rapport à la caisse admette, autour d'une position moyenne, un centre instantané de rotation situé dans un intervalle allant de  $2.5 r$  au dessus du sol à  $r$  en dessous du sol. Le dispositif de suspension de l'invention comporte en effet deux degrés de liberté permettant des mouvements de suspension et de carrossage indépendants. Le mouvement de carrossage s'effectue autour d'un centre instantané de rotation situé à une distance limitée de l'aire de contact afin de limiter les variations de voie lors de la prise de carrossage ou de contre-carrossage et de limiter l'apport d'énergie nécessaire dans le cas d'un contrôle actif du carrossage.

30

Dans un mode de réalisation préféré, ledit centre instantané de rotation est situé dans un intervalle allant de  $0.3 r$  au dessus du sol à  $0.5 r$  en dessous du sol, préférentiellement, de  $0.2 r$  au dessus du sol à  $0.4 r$  en dessous du sol et préférentiellement encore, de  $0.1 r$  au dessus du sol à  $0.3 r$  en dessous du sol.



Dans d'autres modes de réalisation préférées, ledit centre instantané de rotation est situé dans un intervalle allant de 0.5 r à 1.5 au dessus du sol ou alternativement de 1.5 r à 2.2 r au dessus du sol.

- 5 Afin d'assurer un fonctionnement stable, le dispositif est, de préférence, configuré de manière à ce qu'il soit proche de l'équilibre dans ladite position moyenne en l'absence d'effort transversal exercé par le sol sur la roue dans l'aire de contact et préférentiellement encore, configuré de manière à ce que, en l'absence de variations de carrossage, l'effort transversal exercé par le sol sur la roue dans l'aire de contact généré au cours du débattement de suspension ne dépasse pas une
- 10 limite correspondant à  $0.3 P$ , «  $P$  » étant le poids du véhicule.

De préférence le dispositif comporte une bascule liée d'une part à la caisse et d'autre part au porte-roue, la liaison de ladite bascule à la caisse permettant ledit degré de liberté de carrossage.

- 15 Pour permettre un fonctionnement passif, ledit centre instantané de rotation peut être de préférence situé sous le plan du sol afin que des efforts transversaux exercés par le sol sur la roue dans l'aire de contact induisent une inclinaison du porte-roue par rapport à la caisse dans le sens d'une diminution de carrossage lorsque lesdits efforts transversaux sont dirigés vers l'intérieur du véhicule et dans le sens d'une augmentation de carrossage lorsque lesdits efforts transversaux sont
- 20 dirigés vers l'extérieur du véhicule. Dans ce cas de fonctionnement passif lié aux efforts transversaux, le dispositif peut comporter un moyen de mesure du déplacement de la bascule ou alternativement un moyen de mesure du couple subi par la bascule afin d'en déduire lesdits efforts transversaux.

- 25 De préférence, la bascule est liée à la caisse par deux biellettes configurées de façon à permettre le mouvement de carrossage du porte-roue par un mouvement instantané de rotation de la bascule par rapport à la caisse. Dans ce cas, lesdites biellettes sont préférentiellement articulées par l'intermédiaire d'au moins une articulation élastomérique. Alternativement, la bascule peut, par exemple être liée à la caisse par une glissière courbe configurée de façon à permettre le
- 30 mouvement de carrossage du porte-roue par un mouvement instantané de rotation de la bascule par rapport à la caisse. Dans le même but, la bascule peut également être liée à la caisse par deux glissières droites. Ces glissières peuvent assurer en outre une fonction d'amortissement du mouvement de carrossage.

Une configuration intéressante du dispositif de l'invention prévoit que la bascule puisse être liée à la caisse de manière à pouvoir avoir un mouvement de rotation autour d'un point situé au dessus de la bascule et le porte-roue étant par exemple lié à la bascule par l'intermédiaire de bras transversaux croisés dans un plan vertical.

5

Alternativement, le porte-roue peut être lié à la bascule par l'intermédiaire d'un système Macpherson.

De préférence, le dispositif selon l'invention comporte en outre des moyens de contrôle aptes à influencer le carrossage de la roue, agissant par exemple directement sur le mouvement de la bascule par rapport à la caisse de manière à influencer le carrossage de la roue. Ces moyens de contrôle peuvent comprendre un amortisseur et/ou un élément élastiquement déformable s'opposant au mouvement de carrossage comme des articulations élastomériques. Mais ces moyens de contrôle peuvent également comprendre un actionneur pilotable en fonction de paramètres de roulage du véhicule.

10  
15

De préférence, le dispositif de l'invention comporte en outre un porte-roue opposé destiné à porter une roue opposée d'un essieu dudit véhicule, ledit porte-roue opposé étant lié à la bascule selon une configuration symétrique de celle du porte-roue de sorte que le dispositif de suspension guide et suspend les deux roues d'un même essieu.

20

De préférence, le dispositif de l'invention comporte des moyens de contrôle du braquage liant le porte-roue à la bascule. Ces moyens de contrôle du braquage peuvent également lier le porte-roue à la bascule de manière à ce que le braquage soit dépendant du mouvement de carrossage.

25

L'invention concerne également un véhicule équipé du dispositif de l'invention. Ce véhicule peut être équipé, sur le même essieu, de deux dispositifs, lesdits dispositifs étant disposés sensiblement symétriquement par rapport à l'axe longitudinal du véhicule. Ces deux dispositifs peuvent être liés entre eux de manière à ce que les mouvements de carrossage de chaque porte-roue soient couplés. Si le ou les dispositifs de suspension comprennent un actionneur pilotable, celui-ci peut-être piloté en fonction de paramètres de roulage du véhicule. Le véhicule peut également comporter deux dispositifs indépendants sur le même essieu, chaque dispositif étant contrôlé par un actionneur indépendamment de l'autre.

30

Plusieurs modes de réalisations de l'invention vont être décrits afin d'en illustrer les caractéristiques et d'en exposer les principes. Naturellement, de nombreux autres modes de réalisation de l'invention sont possibles comme le suggèrent les nombreuses variantes.

- 5 -Fig 1, 1a, 2, 3, 1a: Schémas de principe et de fonctionnement d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention en vue longitudinale,
- Fig 4, 5, 5a, 5b: Schémas de principe et de fonctionnement d'un dispositif selon un deuxième mode de réalisation de l'invention en vue longitudinale,
- Fig 6, 7, 8, 9: Schémas de principe de variantes du deuxième mode de réalisation de l'invention en
- 10 vue longitudinale,
- Fig 10, 11: Schémas de principe de dispositifs selon d'autres modes de réalisation de l'invention en vue longitudinale,
- Fig 12, 13, 13a: Schémas de principe de moyens de contrôle appliquées aux dispositifs selon l'invention, en vue longitudinale.
- 15 -Fig 14, 15, 15a: Schémas de principe de véhicules selon l'invention, en vue longitudinale.

La figure 1 représente en vue longitudinale plane un dispositif de suspension 1 selon l'invention. Cette représentation plane (c'est à dire en 2 dimensions) est très commode car elle montrent bien ce en quoi le dispositif selon l'invention se distingue des dispositifs de l'état de la technique.

20

Le dispositif de suspension 1 comprend un porte-roue 3 destiné à maintenir le plan PR d'une roue 2, des bras supérieur 7 et inférieur 8, une bascule 4 et un ressort de suspension 6. La roue de rayon « r » est en appui sur le sol S par l'intermédiaire de son aire de contact AC. Les bras supérieur 7 et inférieur 8 sont articulés par leurs extrémités extérieures (au véhicule auquel le dispositif est

25 destiné) au porte-roue 3 et par leurs extrémités intérieures à la bascule 4. La bascule 4 est articulée à la caisse du véhicule 5 (représenté schématiquement). Ainsi, le dispositif de suspension 1 est configuré de manière à conférer au porte-roue, par rapport à la caisse 5, un degré de liberté de carrossage puisque le porte-roue peut s'incliner par rapport à la caisse et un degré de liberté de suspension puisque le porte-roue peut effectuer des mouvements sensiblement verticaux de façon

30 connue en soi, par exemple à la manière des systèmes « multi-bras ».

En admettant l'hypothèse classique d'une liaison ponctuelle de la roue 2 sur le sol S, la théorie de la colinéarité des centres instantanés de rotation dans une mouvement plan permet de situer le centre instantané de rotation du mouvement de carrossage (CIR  $r/c$ ) à l'intersection du plan de



roue PR et de la droite portant les deux autres centres instantanés de rotation, celui du mouvement de la bascule par rapport à la caisse (CIR b/c) et celui du mouvement de suspension du porte-roue par rapport à la bascule (CIR r/b). Ce raisonnement cinématique est d'usage courant dans le domaine de la liaison au sol. On comprend alors que c'est le choix de la configuration, c'est à dire des dimensions et de l'orientation des différents éléments constitutifs du dispositif de suspension qui (en définissant les positions des axes caractéristiques des éléments de suspension) permet d'obtenir une position voulue du centre instantané de rotation (CIR r/c) du mouvement de carrossage. La figure 1 représente le dispositif de suspension dans une position moyenne, que l'on pourrait définir comme la position correspondant au roulage en ligne droite sur un sol plat, le véhicule portant sa charge nominale.

Parmi les contraintes de conception d'un tel dispositif, on voit bien sur cette figure que la position du point d'articulation de la bascule sur la caisse est limitée, vers le bas de la figure, par la proximité du sol. Ainsi, en fonction de la garde au sol désirée sur le véhicule, on pourra opter pour des configurations différentes.

La figure 1 représente un cas particulier de configuration où la force  $F_r$  exercée par le ressort est inclinée vers l'intérieur du véhicule. En l'absence d'effort transversal exercé par le sol sur la roue dans l'aire de contact (la force  $f_z$  est verticale), l'équilibre est obtenu, lorsque la force  $R_c$  exercée par la caisse sur la bascule est telle que représentée, c'est à dire légèrement inclinée vers l'intérieur du véhicule. Cette détermination peut se faire par le calcul ou par construction graphique. Cette construction graphique basée sur l'équilibre des différents éléments du dispositif est représentée sur la figure 1 en traits interrompus. On constate que la condition d'équilibre est assurée, même si la poussée du ressort est inclinée.

La figure 1a représente une variante intéressante par rapport à la configuration de la figure 1. Dans ce dispositif de suspension 1a, on a recherché à obtenir une force  $R_c$  exercée par la caisse 5 sur la bascule 4a qui soit également verticale. Cette condition permet de garantir une neutralité transversale de la suspension alors que cette neutralité n'est possible dans le cas décrit à la figure 1 que lorsque le véhicule est dans un cas de charge symétrique où les composantes transversales des forces  $R_c$  (correspondant à chaque roue de l'essieu) s'annulent. Grâce à la configuration de la figure 1a et selon la même construction graphique de précédemment, on obtient la neutralité recherchée même si le véhicule subit une charge différente sur chaque roue de l'essieu considéré.

Ainsi, par exemple lors de sollicitations alternées (le roulage sur sol bosselé en est un exemple), la caisse ne subit pas d'effort transversal.

Les constructions graphiques présentées dans les figure 1 et 1a sont basées sur les équilibres des différents éléments des systèmes 1 et 1a. L'équilibre global du dispositif de suspension impose dans le cas de la figure 1a, où deux des forces ( $F_z$  et  $R_c$ ) sont verticales, que la troisième ( $F_r$ ) soit également verticale.

On a représenté en trait pointillé sur la figure 1a, le fait que la bascule 4a peut également constituer la bascule du dispositif (symétrique) de suspension de la roue opposée comme on le décrira plus précisément aux figures 15 et 15a.

La figure 2 représente le dispositif de suspension de la figure 1 dans une position où le carrossage a subi une variation négative. La roue 2 est inclinée vers l'intérieur du véhicule par une rotation autour du centre instantané de rotation de carrossage (CIR  $r/c$ ). On peut remarquer que la position de ce point n'est pas fixe car la position du centre instantané de rotation de la suspension (CIR  $r/b$ ) varie légèrement du fait du pivotement des bras inférieur 8 et supérieur 7 sur cet exemple. Cette variabilité est bien sûr elle aussi conditionnée par la configuration géométrique du dispositif.

Le centre instantané de rotation de carrossage (CIR  $r/c$ ) étant situé sous l'aire de contact, la variation de carrossage représentée ici peut être provoquée par un effort transversal  $F_y$  du sol S sur la roue 2 dans l'aire de contact AC. Cet effort  $F_y$  orienté vers l'intérieur du véhicule, peut trouver son origine dans l'accélération transversale provoquée par un virage ou une configuration de sol S incliné par rapport à l'horizontale.

La figure 3 reprend l'exemple des figures 1 et 2 dans le cas d'une variation de carrossage positive qui peut être provoquée par un effort transversal  $F_y$  orienté vers l'extérieur du véhicule.

La figure 1a représente une variante "active" du dispositif décrit dans les figures 1 à 3. Dans cette variante, la bascule 4 pivote par rapport à la caisse 5 autour d'un point (CIR  $b/c$ ) qui est situé au dessus des points d'articulation des bras inférieur 8 et supérieur 7 sur la bascule 4. Selon le raisonnement exposé plus haut, on peut déterminer pour la configuration de la figure 1a la position du centre instantané de carrossage (CIR  $r/c$ ). Celui-ci se trouve bien sûr toujours dans le plan de roue PR mais maintenant en haut de la roue 2. Plus précisément, le centre instantané de rotation

(CIR r/c) se situe de préférence sensiblement au centre du cercle (C) dans lequel s'inscrit la section de la partie supérieure de la roue.

5 Selon le raisonnement conduit pour les figures précédentes, on constate bien sûr que les efforts exercés par le sol S dans l'aire de contact AC tendent alors naturellement à incliner la roue 2 à l'inverse de ce qui est souhaitable en terme de carrossage puisque le point de rotation du mouvement de carrossage (CIR r/c) est situé au dessus du sol S. C'est pourquoi, cette configuration nécessite l'emploi d'un moyen actif afin d'imposer le carrossage recherché. Ce rôle est tenu ici par un vérin 100 qui oriente la bascule 4 par rapport à la caisse 5 en fonction par exemple de  
10 paramètres de roulage du véhicule . Les doubles flèches courbes schématisent d'un part l'action du vérin 100 sur la position de l'axe longitudinal de la bascule et d'autre part l'effet de cette action sur la position du plan de roue PR. Comme discuté plus haut, cette situation présente l'inconvénient d'une consommation relativement importante d'énergie. Cependant, elle présente aussi des avantages.

15

L'un de ces avantages concerne l'encombrement d'un tel système. En effet, une configuration dite "passive" exige de prévoir un volume libre suffisant autour de la partie supérieure de la roue, c'est à dire sous les ailes du véhicule, pour les mouvements d'oscillation du plan de roue PR. Au contraire, la configuration "active" représentée sur la figure 1a, permet de concevoir un véhicule  
20 dont la carrosserie est très proche des roues dans toutes les situations de carrossage. On a représenté ici une aile 51 (solidaire de la caisse 5) très proche de la roue 2. Seul le débattement vertical de la suspension doit alors être pris en compte dans le dessin de la carrosserie.

Un autre avantage de cette configuration "active" concerne la variation de demi-voie lors des  
25 mouvements de carrossage. Si, dans une situation telle qu'une courbe à droite (selon la figure 2), le vérin 100 impose à la roue 2 un carrossage négatif, ce mouvement se faisant autour d'un point (CIR r/c) situé en haut de la roue 2, le bas de la roue 2 (et donc l'aire de contact AC) est repoussé (par rapport à la caisse 5) vers l'extérieur de la courbe. Ceci correspond à ce que l'on appelle une variation de demi-voie positive. Cette caractéristique présente l'avantage de combattre le transfert de charge par un déplacement du centre de gravité de la caisse 5 vers l'intérieur de la courbe. Ainsi,  
30 la surcharge de la roue extérieure vis à vis de la roue intérieure au virage est réduite. Ceci est un facteur positif pour le potentiel d'adhérence global de l'essieu.

Une autre caractéristique avantageuse du dispositif de l'invention (commune à tous ses modes de réalisation) est que le centre instantané de rotation de la roue par rapport à la caisse (CIR  $r/c$ ) est un point virtuel qui ne correspond pas à une articulation mécanique, physiquement matérialisée en ce point. De ce fait, ce point peut être situé n'importe où dans le plan de roue PR, y compris  
 5 comme on l'a représenté ici dans le volume occupé par la roue ou le pneumatique. Ceci serait bien sûr impossible à réaliser avec un pivot physique unique.

La figure 4 représente de façon similaire à la figure 1, un deuxième mode de réalisation de l'invention. afin de permettre la comparaison directe avec le premier mode, les centres instantanés  
 10 de rotation (CIR  $r/b$ , CIR  $b/c$ , CIR  $r/c$ ) ont les mêmes positions. Cependant, ceci, comme pour le premier mode, n'est qu'un exemple, une infinité de configurations étant possibles. La différence avec la figure 1 réside dans le mode d'articulation de la bascule 41 par rapport à la caisse 5. La rotation de la bascule autour du centre instantané de rotation CIR  $b/c$  est permise par une liaison par deux biellettes 9a et 9b, elles-mêmes articulées à la caisse de manière à ce que leurs axes  
 15 respectifs se rejoignent, dans la position moyenne représentée ici, au centre instantané de rotation (CIR  $b/c$ ) de la bascule 41 par rapport à la caisse 5. Ainsi, la bascule 41 est articulée par rapport à la caisse au moyen d'un pivot virtuel, c'est à dire un pivot qui n'est pas matérialisé par une liaison pivot autour d'un point fixe comme sur les figures précédentes. Ceci a deux conséquences importantes : d'une part, la position de ce point n'est pas fixe par rapport à la caisse car il se  
 20 déplace sensiblement lors de l'oscillation de la bascule et d'autre part, sa position n'est pas limitée par rapport au sol comme peut l'être celle de ce même point dans le cas de la figure 1. Cet aspect est visible sur la figure 5 qui représente ce même dispositif dans une position de carrossage comparable à celle de la figure 2.

25 Afin d'assurer un fonctionnement stable, le dispositif est, de préférence, configuré de manière à ce qu'il soit proche de l'équilibre dans ladite position moyenne en l'absence d'effort transversal exercé par le sol sur la roue dans l'aire de contact. A la différence du mode de réalisation des figures 1 à 3, la bascule 41 n'est pas articulé directement à la caisse. Les figures 5a et 5b exposent un moyen de réaliser cette condition d'équilibre. Ce moyen, illustré ici à partir de l'exemple de  
 30 configuration de la figure 4, est basé sur le principe de l'équilibre du dispositif de suspension soumis aux forces extérieures que sont la force verticale  $F_z$  exercée par le sol dans l'aire de contact, la force  $F_r$  exercée par le ressort sur le bras transversal 8 et la résultante  $F_b$  des forces exercées par les biellettes 9a et 9b sur la bascule. La force  $F_b$  est forcément verticale pour que la bascule soit en équilibre dans cette position moyenne. Sur la figure 5b, on a représenté les

dimensions caractéristiques du dispositif. « E » est la distance, en projection sur un plan horizontal, séparant le centre de l'aire de contact du point d'articulation du porte-roue 3 avec le bras inférieur 8. « E' » est la distance, en projection sur un plan horizontal, séparant le centre instantané de rotation (CIR b/c) de la bascule par rapport à la caisse du point d'articulation de la bascule avec le bras inférieur 8. « H » est la distance, projetée sur la normale à l'axe du bras supérieur 7, qui sépare le point d'articulation du porte-roue 3 avec le bras supérieur 7 du point d'articulation du porte-roue 3 avec le bras inférieur 8. « H' » est la distance, projetée sur la normale à l'axe du bras supérieur 7, qui sépare le point d'articulation de la bascule 41 avec le bras supérieur 7 du point d'articulation de la bascule avec le bras inférieur 8. « A » est la distance, en projection sur un plan horizontal, séparant le centre de l'aire de contact du point d'application de la force du ressort sur le bras inférieur 8. « B » est la distance, en projection sur un plan horizontal, séparant le centre instantané de rotation (CIR b/c) du point d'application de la force du ressort sur le bras inférieur 8. Ainsi, la force  $F_r$  exercée par le ressort est nécessairement verticale pour assurer l'équilibre global du dispositif (voir également figure 1a) et la résolution des équations d'équilibre des différents éléments nous conduit à la condition suivante: on obtient l'équilibre lorsque le rapport  $\frac{EBH'}{E'AH}$  est égal à 1. Ces formules sont basées sur l'hypothèse de liaisons sans frottement ni raideur. Dans la pratique, on peut obtenir un fonctionnement satisfaisant lorsque le système configuré de manière à être proche de l'équilibre, par exemple avec un rapport  $EBH'/E'AH$  compris entre 0.5 et 1.5 lorsque la force  $F_r$  s'exerce verticalement. Ce critère s'applique naturellement de manière générale et n'est pas limité à la configuration utilisée ici pour l'illustrer.

La figure 6 représente un autre mode de liaison de la bascule. Dans ce dispositif 12, l'articulation de la bascule 42 par rapport à la caisse 5 autour du centre instantané de rotation CIR b/c est obtenue par une coulisse courbe 20 en forme d'arc de cercle dont le centre coïncide avec le point CIR b/c désiré.

La figure 7 représente un mode d'articulation de la bascule par deux coulisses droites (9a, 9b) positionnées de telle manière que les droites normales aux axes des coulisses se croisent au point CIR b/c désiré. Les coulisses (9a, 9b) de ce dispositif 13, tout comme celle de la figure 6 peuvent prendre différentes formes en pratique. On peut bien sûr penser à des paliers ou systèmes mécaniques lisses ou à billes mais aussi à des articulations élastomériques par exemple cylindriques que l'on sollicite axialement.



La figure 8 représente également un mode d'articulation de la bascule par deux coulisses droites formant un angle tel que les droites normales aux axes des coulisses se croisent au point CIR b/c désiré. Ces coulisses sont ici matérialisées par des amortisseurs télescopiques (22a, 22b)  
 5 rigidement liés par une extrémité à la caisse 5 et articulés par l'autre extrémité à la bascule 43. Un avantage de cette configuration est qu'elle combine la fonction d'articulation de la bascule et l'amortissement possible des mouvements de roulis et de carrossage.

La figure 9 représente un mode de réalisation semblable à celui des figures 4 et 5, cependant le  
 10 centre instantané de rotation de carrossage (CIR r/c) est obtenu par une configuration différente. En effet, dans cette configuration, les bras supérieur 71 et inférieur 81 convergeant vers un point (CIR r/b) plus bas (et situé cette fois du côté de l'extérieur du véhicule), le point de pivot de la bascule 41 par rapport à la caisse 5, c'est à dire le centre instantané de rotation CIR b/c doit être  
 15 situé plus bas également. Dans l'exemple représenté, ce point se situe sous le sol S, c'est à dire qu'il ne peut être qu'un pivot virtuel. Ainsi, cette configuration des centres instantanés de rotation n'est pas réalisable avec le système décrit sur les figures 1 à 3.

La figure 10 représente un mode de réalisation 16 très différent des modes précédemment décrits en ce que la position souhaitée du centre instantané de rotation de carrossage (CIR r/c) est obtenue  
 20 par la combinaison d'un centre instantané de rotation (CIR b/c) de la bascule 44 par rapport à la caisse 5 situé en hauteur et d'un centre instantané de rotation (CIR r/b) du porte-roue par rapport à la bascule situé au point de croisement des bras transversaux 72, 82. L'orientation des biellettes (9e, 9f) est donc inversée par rapport aux configurations précédemment décrites pour permettre une telle position du point CIR b/c. Naturellement, ceci n'est qu'un exemple de réalisation, le  
 25 moyen d'articulation de la bascule 45 pourrait tout à fait avoir la forme de celui représenté à la figure 1, pourvu que le pivotement se fasse à la hauteur voulue par rapport à la caisse 5. Un avantage de cette configuration est que le centre de roulis d'un tel dispositif de suspension se trouve notablement plus haut que dans les configurations précédemment décrites. Cet effet peut être intéressant par exemple, pour des véhicules dont le centre de gravité est relativement haut  
 30 comme les monospaces ou les SUV ('sport utility vehicle').

La figure 11 représente un mode de réalisation 17 très différent des modes précédemment décrits en ce qu'il utilise une architecture de suspension Macpherson (73, 83) articulée à une bascule 45 dont la fonction est la même que précédemment. La position souhaitée du centre instantané de



rotation de carrossage (CIR r/c) est donc obtenue par la combinaison d'un centre instantané de rotation (CIR b/c) de la bascule 45 par rapport à la caisse 5 et d'un centre instantané de rotation du porte-roue par rapport à la bascule (CIR r/b) situé au point de croisement de l'axe du bras inférieur 82 et de la normale à l'axe de la jambe de force Macpherson 73. L'implantation des biellettes (9g, 5 9h) est comparable à celle des modes de réalisations précédemment décrits. Naturellement, comme pour la plupart des exemples décrits ici, la liaison de la bascule à la caisse peut être un pivot virtuel mobile (cas de la figure 11) ou un pivot fixe et matérialisé comme sur les figures 1 à 3 ou fixe et virtuel comme sur la figure 5.

10 La figure 12 montre une architecture semblable à celles des figures 4 et 5 sur laquelle on ajoute un moyen de contrôle du carrossage, ici un moyen de contrôle passif sous la forme d'un amortisseur télescopique 30 apte à amortir les oscillations de la bascule 41 par rapport à la caisse 5.

La figure 13 montre une architecture proche de celle de la figure 12 dans laquelle le moyen de 15 contrôle est pilotable. Il peut s'agir par exemple d'un vérin hydraulique 31 ou d'un moteur électrique. Ce moyen peut avoir un rôle d'actionneur fournissant de l'énergie pour provoquer une variation souhaitée de carrossage. Dans ce cas de contrôle actif, la position du centre instantané de rotation (CIR r/c) du degré de liberté de carrossage se situe avantageusement au niveau du sol S ou au dessus de ce niveau mais à une distance réduite pour permettre un contrôle à faible énergie. 20 C'est cette configuration que représente la figure 13.

Au contraire, le moyen de contrôle peut avoir un rôle passif de régulation des mouvements de carrossage provoqués par exemple par les efforts transversaux comme exposé par les figures 2 et 3.

25 Qu'il soit passif ou actif le moyen de contrôle, s'il est pilotable, peut être commandé en fonction de divers paramètres de roulage du véhicule (par exemple, vitesse, accélération longitudinale ou transversale, position du volant, vitesse de rotation du volant, couple exercé sur le volant, roulis, vitesse de roulis, accélération de roulis, lacet, vitesse de lacet, accélération de lacet, efforts sur les roues y compris la charge verticale, type de conduite, comportement souhaité par le conducteur).

30

Suivant une construction similaire, le moyen de contrôle peut comprendre un moyen de mesure des mouvements de carrossage. Dans le cas de mouvements de carrossage provoqués par les efforts transversaux, cette mesure permet par des méthodes connues en soi de connaître ces efforts. Cette

information est utile par exemple pour piloter des système de sécurité ou de régulation du comportement du véhicule.

La figure 13a représente une variante "active" du dispositif décrit dans la figure 10. Dans cette  
5 variante, la bascule 44 pivote également par rapport à la caisse 5 autour d'un point (CIR b/c) défini par l'orientation des biellettes 9e et 9f. En revanche, les bras supérieur 72 et inférieur 82 sont dans une configuration classique, c'est à dire qu'ils ne sont pas croisés comme dans la figure 10. Selon le raisonnement exposé plus haut, on peut déterminer pour la configuration de la figure 13a la position du centre instantané de carrossage (CIR r/c). Celui-ci se trouve toujours dans le plan de  
10 roue mais maintenant en haut de la roue 2 sensiblement comme sur la figure 1a.

Le fonctionnement, les avantages et inconvénients d'une telle configuration sont sensiblement les mêmes que pour celle de la figure 1a. Cependant, du fait de la différence de mode d'articulation de la bascule 44 par rapport à la caisse 5, on peut par exemple choisir une position relativement haute  
15 de l'articulation de la bascule (CIR b/c). En effet, ce point étant ici virtuel, sa position en hauteur n'implique pas nécessairement un encombrement vertical plus important.

La position du centre instantané de rotation CIR r/c à une hauteur légèrement inférieur à deux fois le rayon "r" de la roue, par exemple à environ  $1.8 r$  du sol, est une position préférée pour ce qui est  
20 du critère de l'encombrement sous l'aile 51 du véhicule. Il est évident que plus cette hauteur est importante, plus la puissance nécessaire au contrôle du carrossage est importante. Un compromis peut être déterminé entre ces deux tendances en choisissant une hauteur intermédiaire entre les configurations à énergie réduite telles que celle de la figure 13 et les configurations à encombrement réduit comme celles des figure 1a et 13a.

25 La figure 14 représente un véhicule selon l'invention. Il est équipé de deux dispositifs de suspension (11a et 11b) selon l'invention, disposés sensiblement symétriquement par rapport à l'axe longitudinal du véhicule. Les dispositifs représentés ici sont ceux précédemment décrits (figures 4 et 5). Ils peuvent naturellement être indépendants l'un de l'autre ou alternativement être  
30 liés par un moyen de couplage comme un poussoir 50 (dessiné en pointillé). De cette manière les comportements des roues (2a, 2b), au moins en terme de carrossage, sont couplés. Ce couplage peut rendre les conditions d'équilibre du véhicule plus faciles à satisfaire. Dans le cas où les deux dispositifs sont indépendants, il peuvent faire l'objet d'un contrôle indépendant. Si ce contrôle



indépendant est actif, on peut le commander de manière différente pour chaque roue. Par exemple, on peut ne modifier le carrossage que pour la roue extérieure au virage.

La figure 14 montre des bascules (41a, 41b) relativement proches mais il s'agit d'une configuration particulière, chaque bascule pouvant être plus proche de sa roue respective.

Alternativement, dans une construction similaire, afin par exemple que les bras transversaux (7a, 8a, 7b, 8b) soient plus longs, les bascules 41a et 41b peuvent être dans des plans légèrement différents le long de l'axe de véhicule et les bras guidant la roue gauche 2a étant articulés sur la bascule droite 41b et vice versa.

La figure 15 représente un autre véhicule selon l'invention. Il est équipé d'un mode préféré de réalisation du dispositif de suspension 18 selon l'invention. Ce dispositif comparable à ceux décrits plus haut comporte en outre un porte-roue opposé 3b destiné à porter une roue opposée 2b d'un essieu portant la caisse 5 du véhicule. Le porte-roue opposé 3b est lié à la bascule 41 selon une configuration symétrique de celle du porte-roue 3a. Un avantage de ce mode de réalisation est bien sûr un nombre d'éléments réduit par rapport à celui représenté à la figure 14. Ceci a généralement une répercussion directe sur le prix de revient. Un autre avantage est que l'effet de couplage, décrit comme une option sur la figure 14, est ici total. Une limitation de ce mode de réalisation du véhicule de l'invention (toujours par rapport à la figure 14) peut être une implantation plus contraignante sous le véhicule en terme d'encombrement. On a représenté ici une réalisation particulière mais naturellement tous les modes de réalisation de l'invention (illustrés précédemment ou non) sont susceptibles de constituer un tel essieu unique.

La figure 15a illustre une variante "active" d'un dispositif de suspension et d'un véhicule selon l'invention. Cette configuration reprend la plupart des éléments de la figure 15. Les différences essentielles sont les suivantes: d'une part la bascule 46 est articulée par rapport à la caisse 5 autour d'un point (CIR b/c) situé dans une position intermédiaire pratiquement au centre de la bascule et d'autre part l'orientation de la bascule par rapport à la caisse est contrôlée activement par une vérin 100.

Selon le raisonnement exposé plus haut, on peut par exemple déterminer pour cette configuration la position du centre instantané de carrossage (CIR ra/c) de la roue gauche 2a. Celui-ci se trouve toujours dans le plan de roue mais maintenant dans une position intermédiaire correspondant

sensiblement à la hauteur de l'axe de la roue 2a. Le même raisonnement vaut bien sûr pour la roue droite 2b mais la construction géométrique n'a pas été représentée. Cette configuration de compromis (telle qu'évoqué dans la description de la figure 13a) présente un avantage certain pour ce qui concerne la transmission de la puissance motrice aux roues. En effet, puisque le mouvement de carrossage des roues par rapport à la caisse a lieu autour d'un point situé au niveau du centre de la roue, la distance entre le centre de la roue et un point fixe de la caisse n'est pas affecté par les mouvements de carrossage. Ainsi, une transmission telle que celles que l'on trouve actuellement sur les véhicules du commerce peut être utilisée à la condition que le joint homocinétique placé côté roue soit capable d'accepter un débattement angulaire légèrement supérieur à la normale du fait du carrossage. En revanche, il peut être nécessaire de prévoir des transmissions permettant en outre une variation plus importante de leur longueur dans les autres configurations géométriques décrites précédemment.

Il est bien évident que les configurations représentées combinent des caractéristiques géométriques et des caractéristiques technologiques. Un très grand nombre de combinaisons ne sont pas explicitement décrites mais il est évident pour l'homme du métier des systèmes de suspension d'associer de manière différente les éléments décrits ainsi que tout élément non décrit mais connu en soi. L'objectif des figures étant d'illustrer les principes qui caractérisent l'invention.

Comme on l'a vu, on peut choisir, en fonction du fonctionnement souhaité, une position du centre instantané de rotation du degré de liberté de carrossage (CIR r/c) dans un intervalle allant de  $2.5 r$  au dessus du sol à  $r$  sous le sol ( $r$  étant le rayon de la roue). Le fait de positionner ce point près du sol permet de limiter la variation de demie voie. Par exemple, dans le cas d'un centre instantané de rotation situé à  $r$  du sol et pour une roue de 300 mm de rayon, un carrossage de  $5^\circ$  provoque un déport de l'aire de contact par rapport à la caisse (variation de demie voie) d'environ 25 mm. On a constaté que cette valeur doit être considérée comme une limite à ne pas dépasser. En effet, au contraire de ce qui expliqué plus haut pour la figure 1a, cette variation de demie voie tend à augmenter le transfert de charge vers l'extérieur de la courbe. Cependant, lorsque le centre instantané de rotation du degré de liberté de carrossage (CIR r/c) se situe au dessus du sol, c'est à dire que le dispositif de l'invention doit comporter un actionneur afin d'orienter activement le plan de roue (voir figure 13), des expérimentations ont montré qu'au delà d'une certaine hauteur, la puissance nécessaire à ce fonctionnement actif rend le système très consommateur d'énergie. Cette hauteur limite s'est avérée correspondre sensiblement à un demi rayon de roue lorsque le critère de l'encombrement sous les ailes n'est pas pris en compte.



Les différents exemples des figures illustrent le fait que le dispositif de suspension de l'invention peut être réalisé à partir de principes de suspension très différents pourvu que l'on obtienne la définition cinématique désirée. En particulier, les bascules que l'on a représentées dans des formes  
5 arbitraires peuvent prendre toute forme convenable permettant de positionner adéquatement les axes d'articulation et naturellement de supporter les contraintes de la suspension. De même pour les autres éléments constitutifs comme les bras transversaux.

Les figures représentent en projection sur un plan orthogonal au sol et transversal au véhicule  
10 passant par le point d'application de la résultante des forces dans l'aire de contact, les principes et plusieurs modes de réalisation de l'invention. Cette représentation en deux dimensions est avantageuse afin d'illustrer clairement les caractéristiques essentielles du dispositif de l'invention dont l'objectif est une variation contrôlée du carrossage. Dans cette représentation, le mouvement de carrossage est une rotation dans le plan autour d'un point de pivot (centre instantané de  
15 rotation). Il ne faut cependant pas oublier qu'une rotation s'effectue en réalité (en trois dimensions) autour d'un axe de pivot, réel ou virtuel (axe instantané de rotation). Cet axe est représenté par un point dans la représentation plane. Cet axe peut être construit sensiblement parallèle au plan du sol et à l'axe longitudinal du véhicule pour permettre les variations de carrossage visées. Cependant, en faisant varier l'orientation de cet axe, on peut créer des effets  
20 supplémentaires de braquage, de pince, d'ouverture ou d'enroulement en fonction des efforts transversaux (courbe) et longitudinaux (freinage, accélération) subis par la roue dans l'aire de contact. L'homme du métier sait, en procédant à des essais et/ou par des méthodes théoriques, déterminer l'orientation qu'il convient d'adopter en fonction du comportement qu'il attend de ce dispositif. Des expérimentations ont par exemple montré qu'une inclinaison de l'axe de pivot de 6°  
25 par rapport à l'horizontale permet d'induire un braquage lié au carrossage, selon un angle 10 fois inférieur à celui du carrossage. Ainsi lorsque les efforts transversaux induisent un carrossage de 5°, le braquage est d'environ 0.5°. L'inclinaison de l'axe de pivot peut être obtenu par exemple en équipant le véhicule d'un dispositif incliné de 6° par rapport à la verticale.

30 Les figures ne montrent pas tous les éléments nécessaires mais néanmoins connus des dispositifs de suspension. En particulier, l'homme du métier sait garantir le positionnement longitudinal de plan de roue, par exemple par l'intermédiaire d'un bras longitudinal ou par un guidage de la bascule et une liaison de la bascule au porte-roue par triangle ou trapèze. De même, la tenue du plan de roue en braquage est assurée soit par un élément relié au dispositif de direction soit par un

élément de dimension fixe comme une biellette de pince pour un essieu non directeur. Cependant, un mode préféré de réalisation du dispositif de l'invention prévoit que ces éléments de contrôle du braquage relient directement le porte-roue à la bascule afin que le braquage puisse être contrôlé sans subir de gênantes perturbations du fait des variations importantes du carrossage rendues  
5 possibles par le dispositif de l'invention. De préférence, on peut utiliser cette liaison de la bascule au porte-roue pour induire un effet de braquage en fonction du carrossage puisque les mouvements de la bascule sont directement couplés au carrossage. Ainsi lorsque le carrossage est commandé par les efforts transversaux (dans le cas où le fonctionnement du dispositif de l'invention est passif), le braquage peut être induit par les efforts transversaux. Cet effet est donc le même que  
10 celui de l'inclinaison de l'axe de pivot évoqué plus haut.

Les articulations des différents éléments du dispositif de suspension de l'invention peuvent être réalisées de diverses manières. Les articulations élastomériques utilisées couramment dans le domaine de la liaison au sol peuvent permettre de simplifier l'obtention de l'équilibre du système  
15 car elles introduisent des raideurs. D'autre part, il est connu qu'elles favorisent le confort du véhicule.

Le dispositif de l'invention peut être mise en œuvre dans le but de compenser les déformations des éléments de la liaison au sol des véhicules actuels et permettre de meilleures performances. C'est à  
20 dire que l'on peut employer le dispositif de l'invention pour garantir que le plan de roue reste, en toutes circonstances, sensiblement orthogonal au plan du sol ou légèrement incliné pour tenir compte également la déformation éventuelle du pneumatique. Ce but est atteint par un dispositif de l'invention dont l'amplitude de carrossage utile est de quelques degrés seulement. Mais, le dispositif de l'invention peut également être mise en œuvre dans le but de permettre une variation  
25 bien plus importante du carrossage, c'est à dire permettre un fonctionnement de la liaison au sol plus proche de celui d'une motocyclette que de celui des véhicules à trois roues et plus, actuellement sur le marché.

D'une façon générale, les figures représentent une roue (2) comportant un bandage pneumatique  
30 mais l'invention s'adresse naturellement à tout type de roue avec ou sans bandage élastique, pneumatique ou non pneumatique, une caractéristique essentielle étant la position du centre instantané de rotation par rapport à l'aire de contact, quelle qu'elle soit.

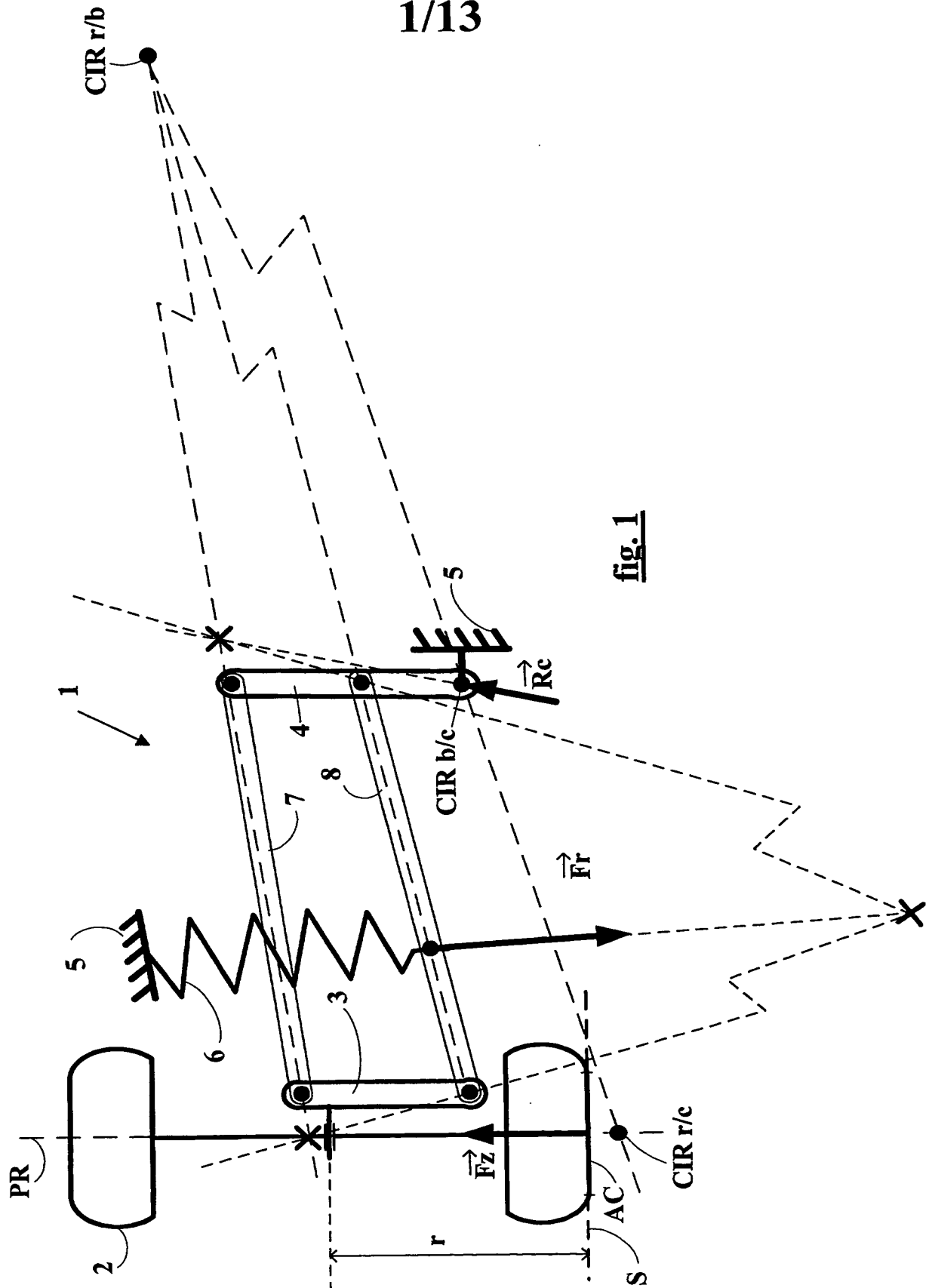


## Revendications

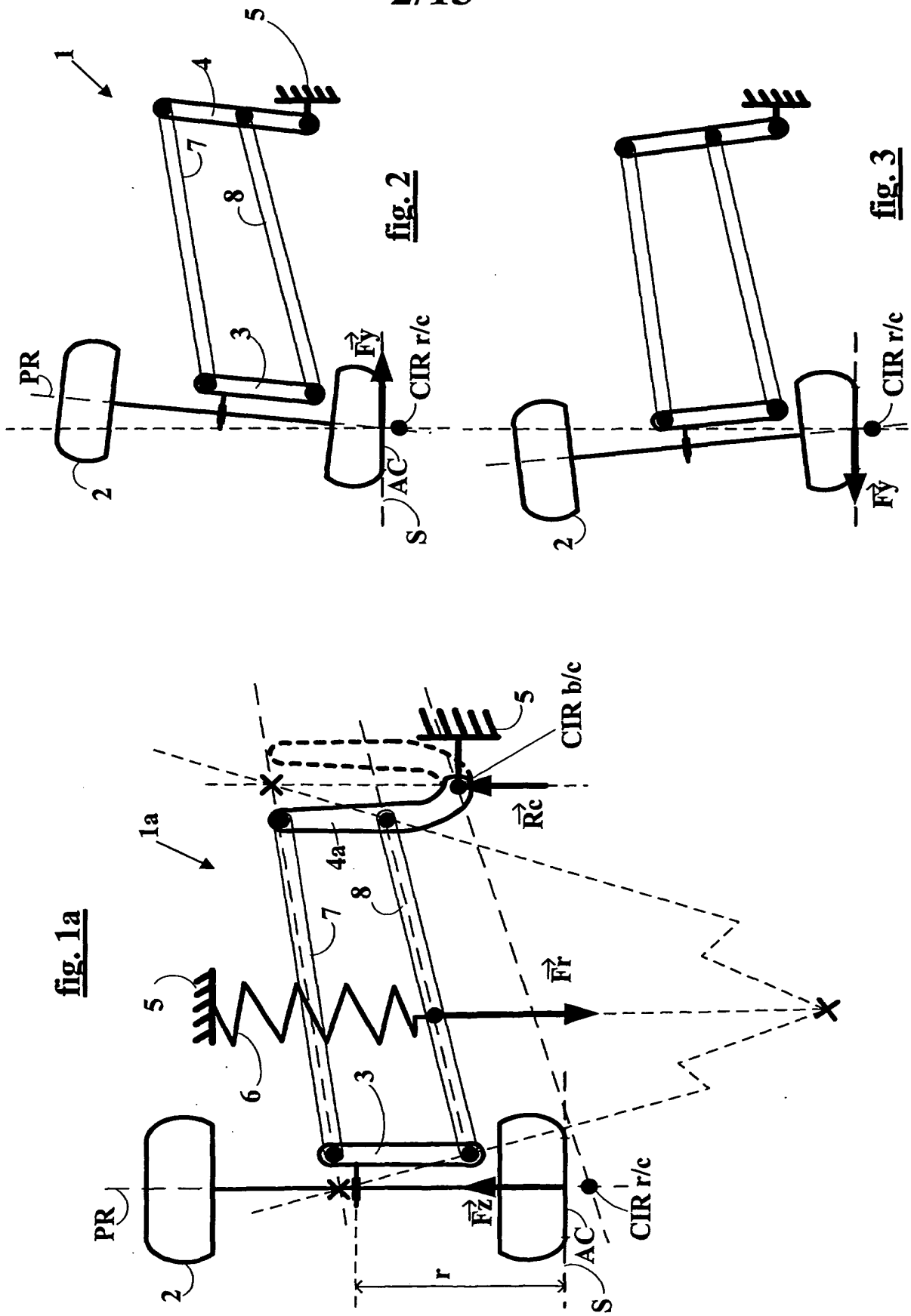
1. Dispositif de suspension (1, 11, 11a, 11b, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) reliant un porte-roue (3, 3a, 3b, 31, 73) à une caisse (5) d'un véhicule, ledit porte-roue étant destiné à  
5 porter une roue (2, 2a, 2b) de rayon ' $r$ ', ladite roue étant destinée à reposer au sol (S) par l'intermédiaire d'une aire de contact (AC), ledit dispositif comportant des moyens (4, 41, 41a, 41b, 42, 43, 44, 45, 46) conférant au porte-roue, par rapport à la caisse, un degré de liberté de carrossage et un degré de liberté de débattement de suspension indépendants l'un de l'autre, caractérisé en ce que ledit dispositif est configuré de manière à ce que le mouvement de  
10 carrossage du porte-roue par rapport à la caisse admette, autour d'une position moyenne, un centre instantané de rotation (CIR  $r/c$ ) situé dans un intervalle allant de  $2.5 r$  au dessus du sol à  $r$  en dessous du sol.
2. Dispositif selon la revendication 1, ledit centre instantané de rotation (CIR  $r/c$ ) étant dans un  
15 intervalle allant de  $0.5 r$  au dessus du sol à  $1.5 r$  au dessus du sol.
3. Dispositif selon la revendication 1, ledit centre instantané de rotation (CIR  $r/c$ ) étant dans un intervalle allant de  $1.5 r$  au dessus du sol à  $2.2 r$  au dessus du sol.
- 20 4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes comportant une bascule (4) liée d'une part à la caisse et d'autre part au porte-roue, la liaison de ladite bascule à la caisse permettant ledit degré de liberté de carrossage.
5. Dispositif selon la revendication 4, comportant un moyen de mesure du couple exercé sur la  
25 bascule afin d'en déduire les efforts transversaux ( $F_y$ ) subis par la roue.
6. Dispositif (11) selon l'une des revendications 4 ou 5, la bascule étant liée à la caisse par deux biellettes (9a, 9b) configurées de façon à permettre le mouvement de carrossage du porte-roue (3) par un mouvement instantané de rotation de la bascule (41) par rapport à la caisse (5).  
30
7. Dispositif (11) selon la revendication 6, lesdites biellettes étant articulées par l'intermédiaire d'au moins une articulation élastomérique.

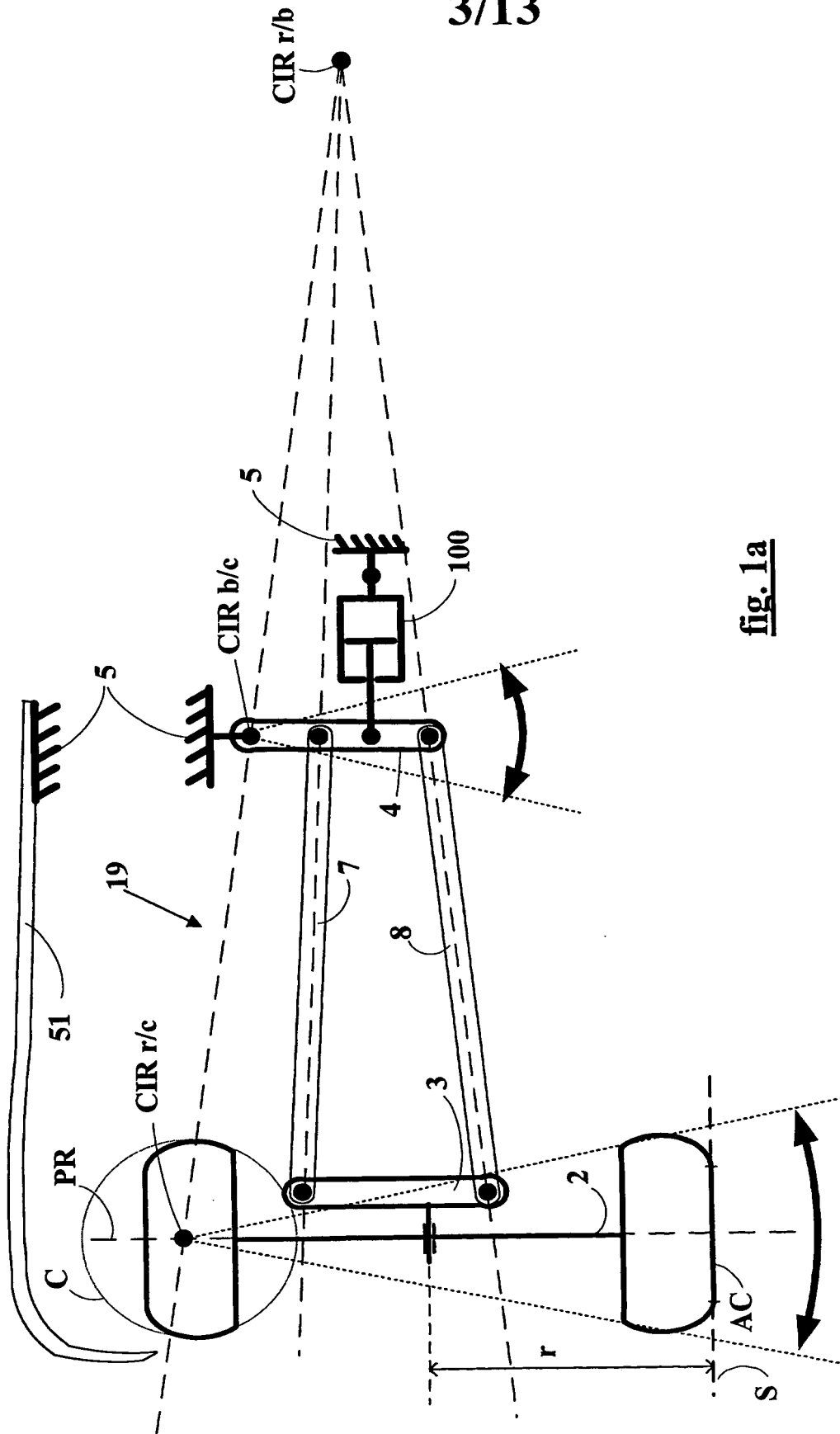


8. Dispositif (16) selon l'une des revendications 4 à 7, la bascule (44) étant liée à la caisse de manière à pouvoir avoir un mouvement de rotation autour d'un point (CIR b/c) situé au dessus de la bascule.
- 5 9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre des moyens de contrôle (30 ; 31; 100) aptes à influencer le carrossage de la roue.
- 10 10. Dispositif selon la revendication 9, lesdits moyens de contrôle (30 ; 31; 100) agissant sur le mouvement de la bascule par rapport à la caisse de manière à influencer le carrossage de la roue.
11. Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, les moyens de contrôle comprenant un actionneur (31) pilotable en fonction de paramètres de roulage du véhicule.
- 15 12. Dispositif selon la revendication 4, comportant en outre un porte-roue opposé (3b) destiné à porter une roue opposée (2b) d'un essieu dudit véhicule, ledit porte-roue opposé étant lié à la bascule (41) selon une configuration symétrique de celle du porte-roue (3a).
- 20 13. Véhicule équipé du dispositif selon l'une des revendications précédentes.
14. Véhicule équipé sur le même essieu de deux dispositifs selon l'une des revendications 1 à 11, lesdits dispositifs étant disposés sensiblement symétriquement par rapport à l'axe longitudinal du véhicule.
- 25 15. Véhicule selon la revendication 14, lesdits dispositifs étant liés entre eux de manière à ce que les mouvements de carrossage de chaque porte-roue soient couplés.
16. Véhicule selon la revendication 14, lesdits dispositifs selon la revendication 9 étant contrôlés indépendamment l'un de l'autre.
- 30 17. Véhicule selon la revendication 13, équipé d'un dispositif selon les revendications 11 et 12.

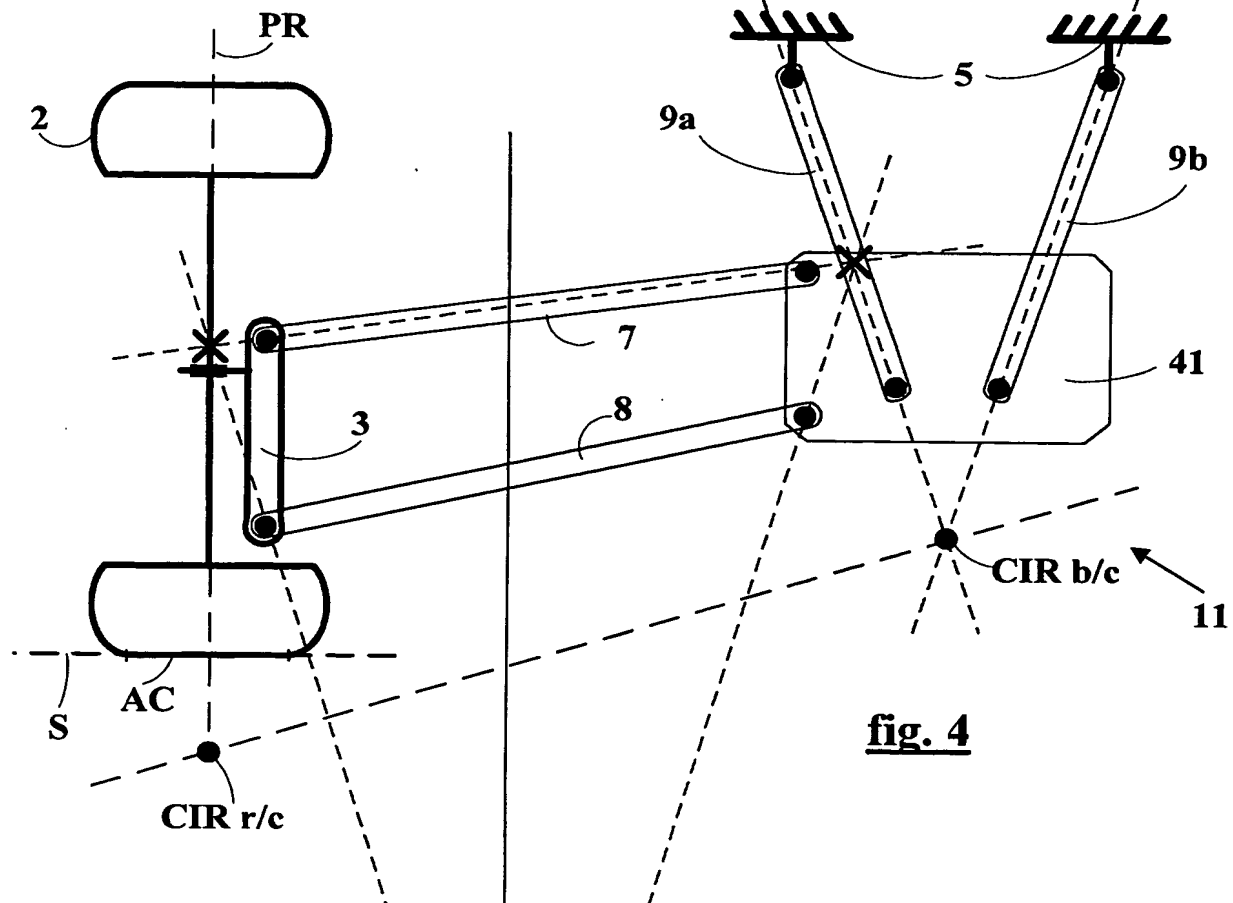


2/13

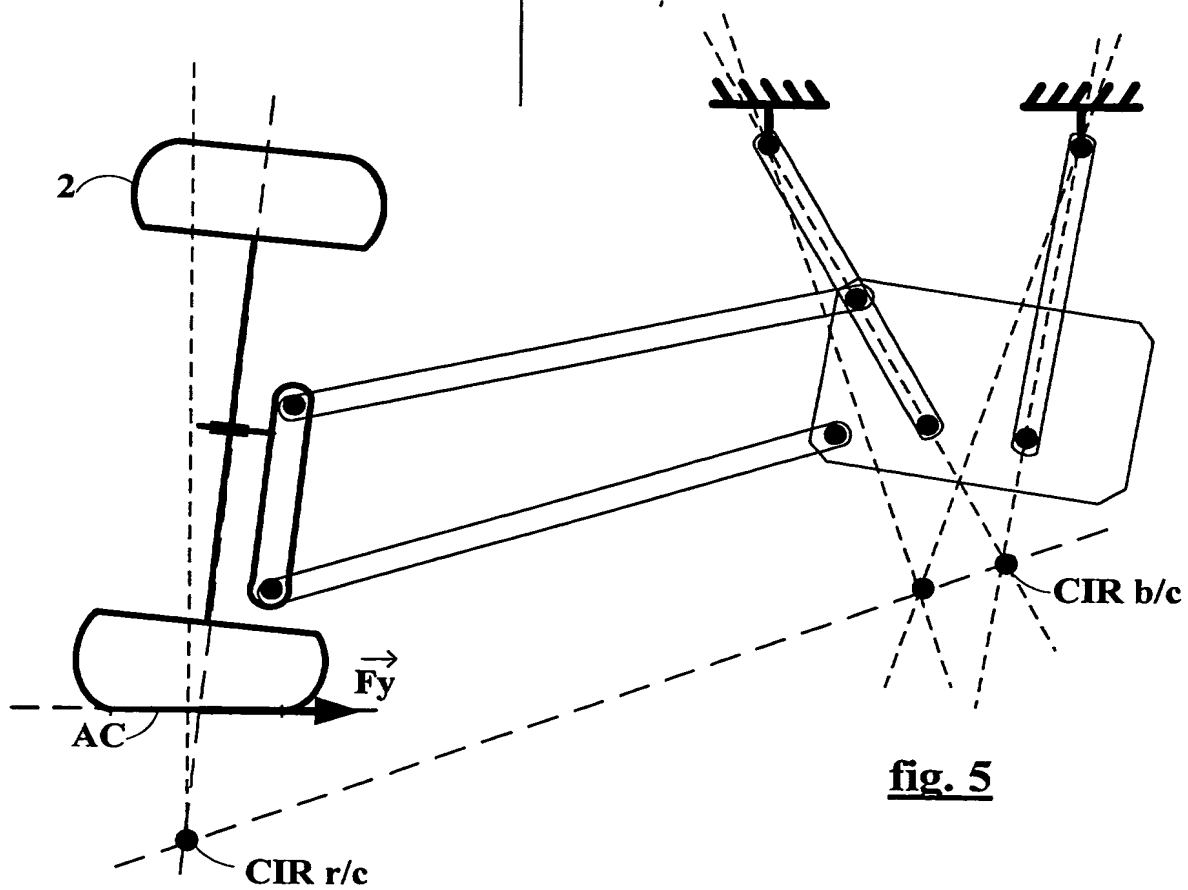




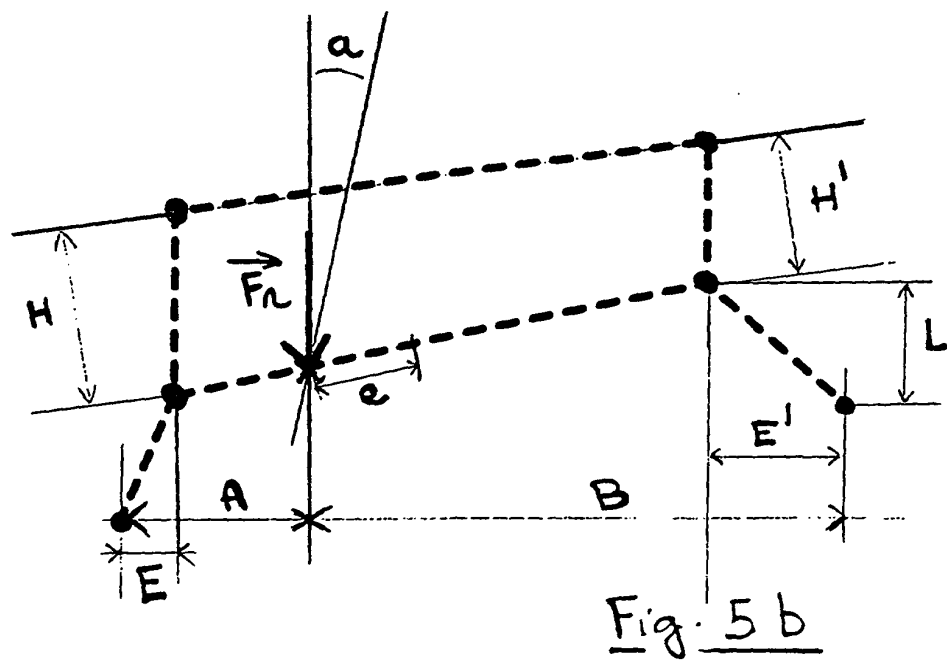
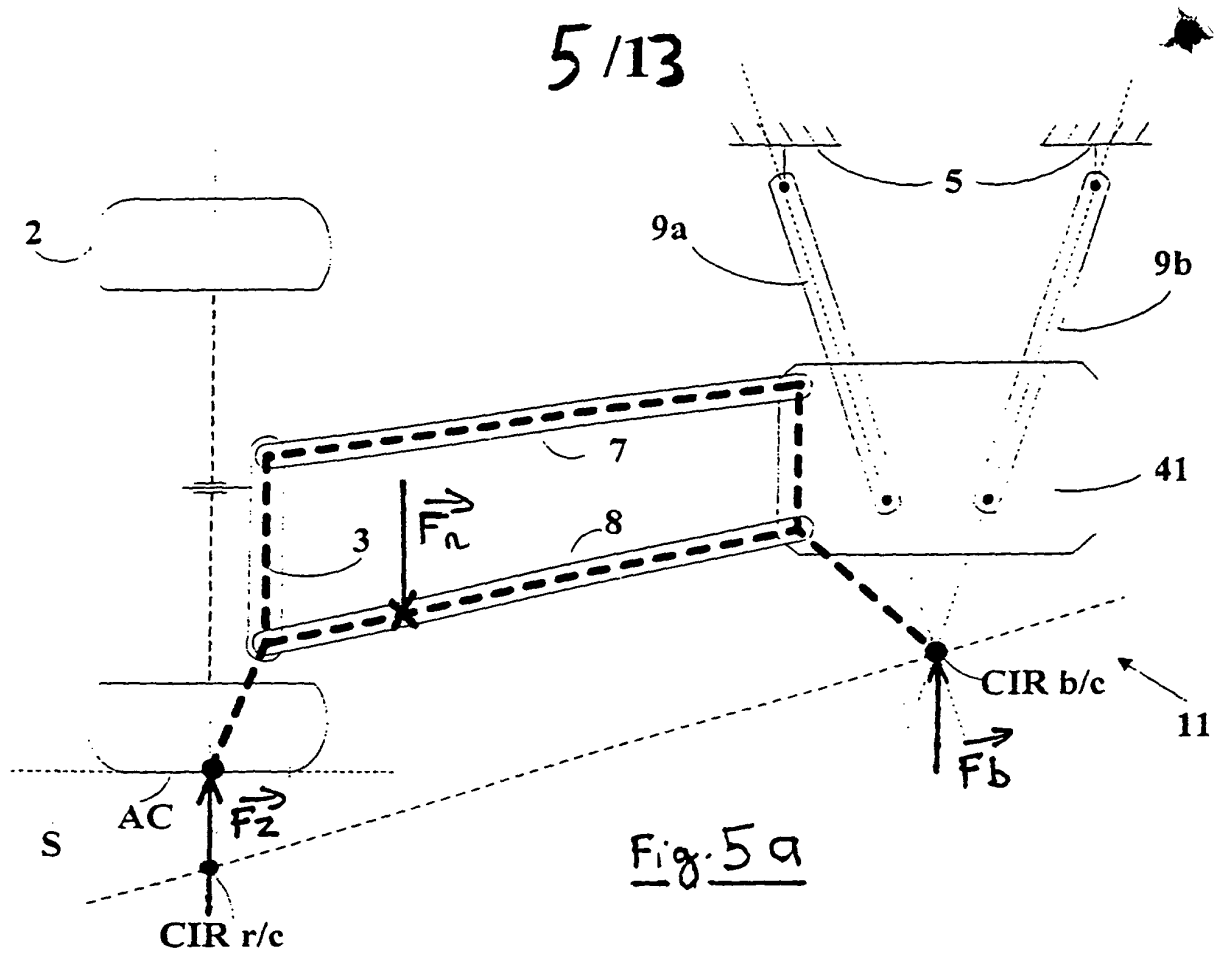
**fig. 1a**



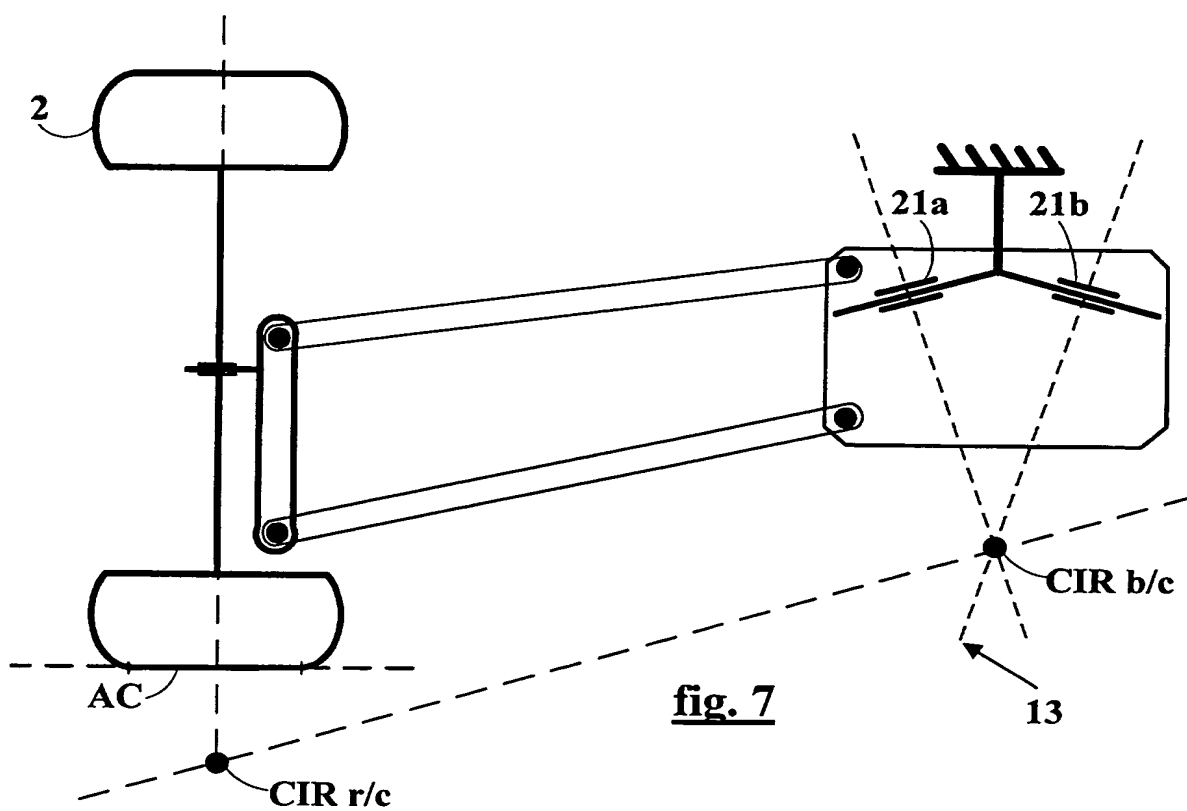
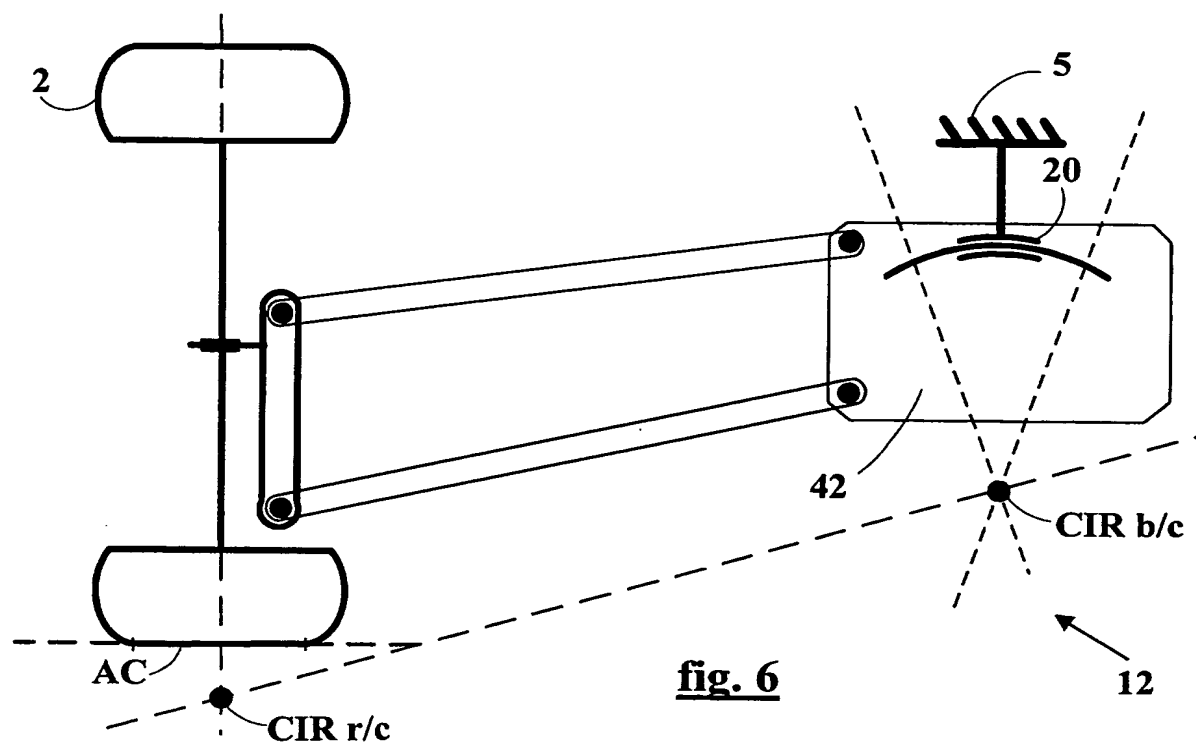
**fig. 4**

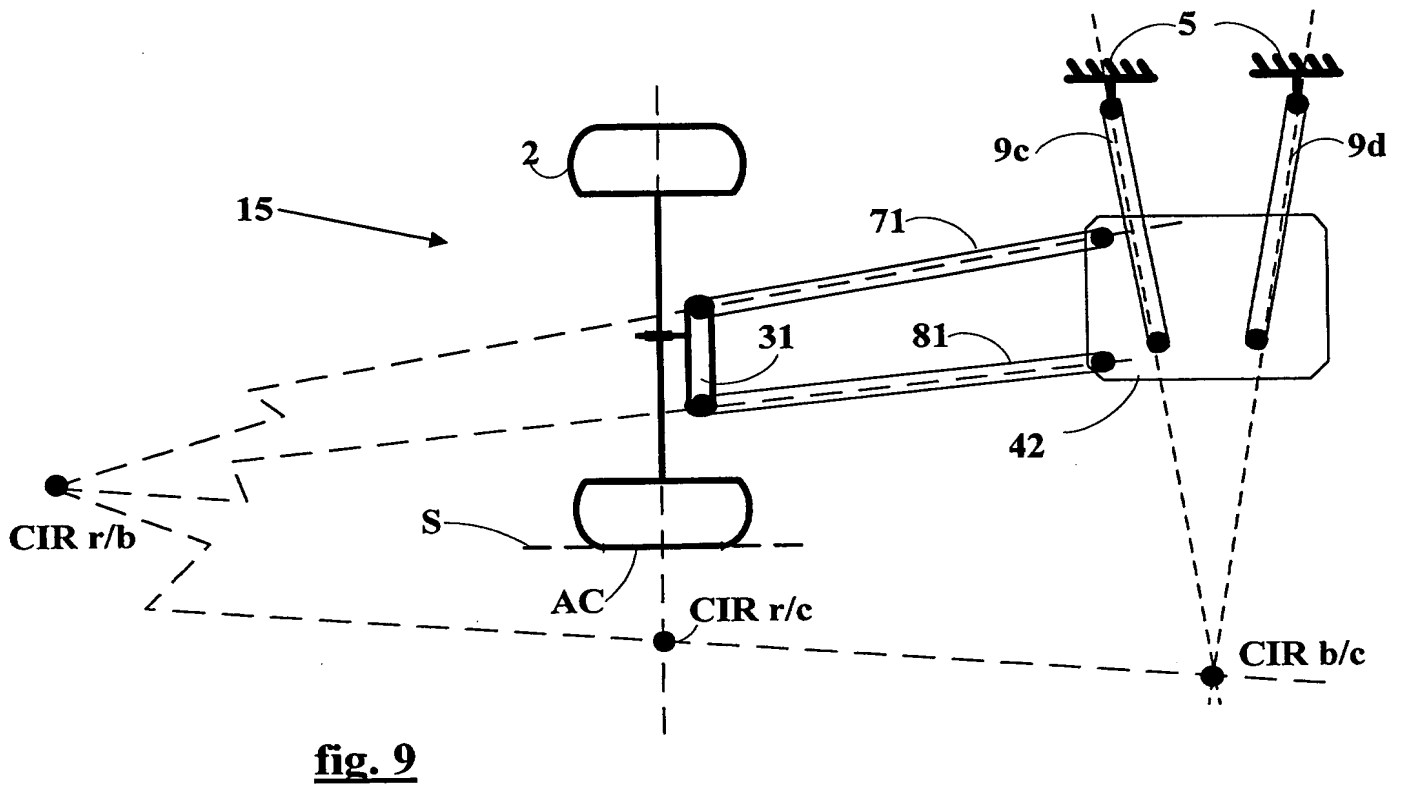
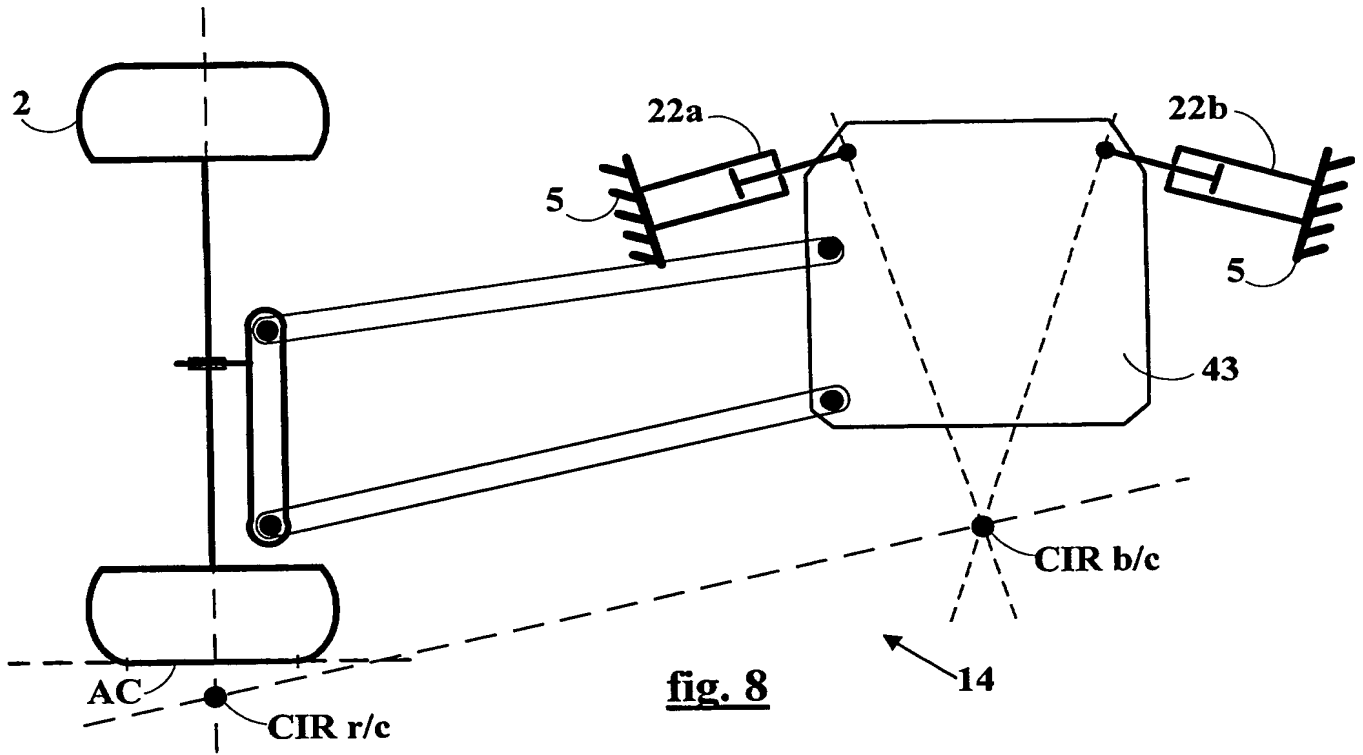


**fig. 5**

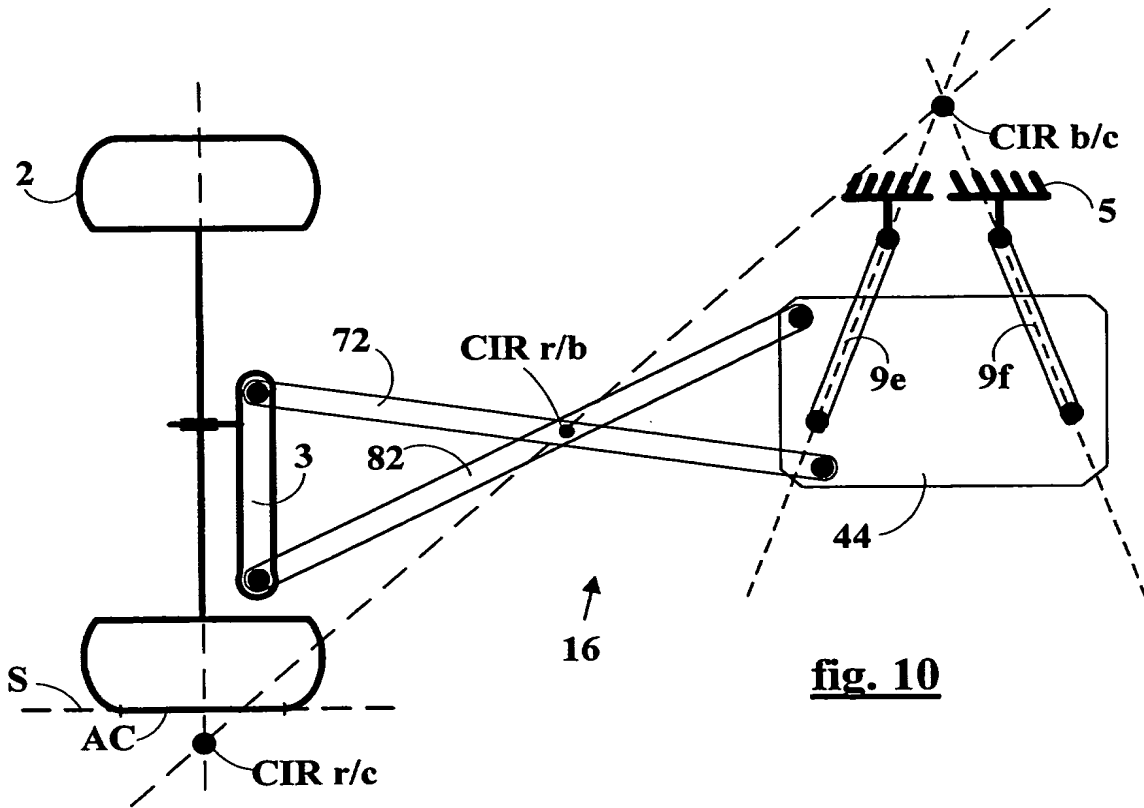


6/13

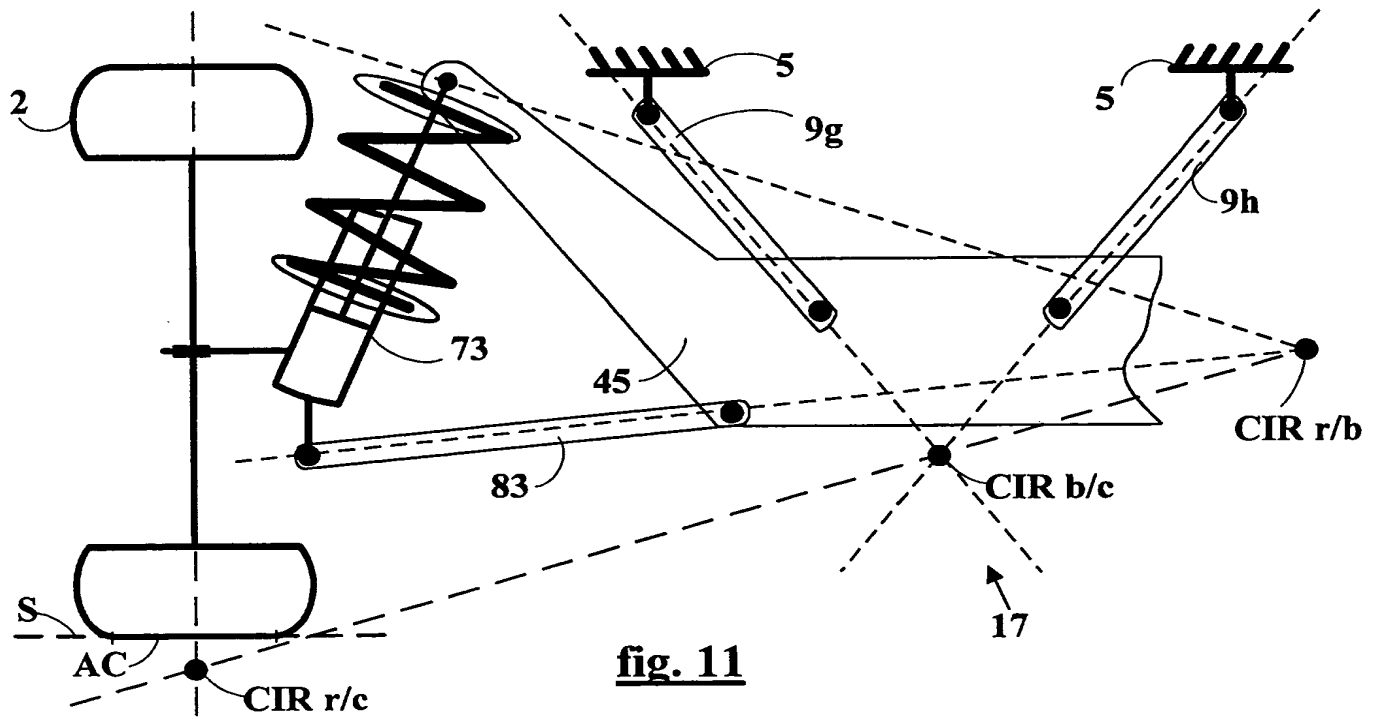








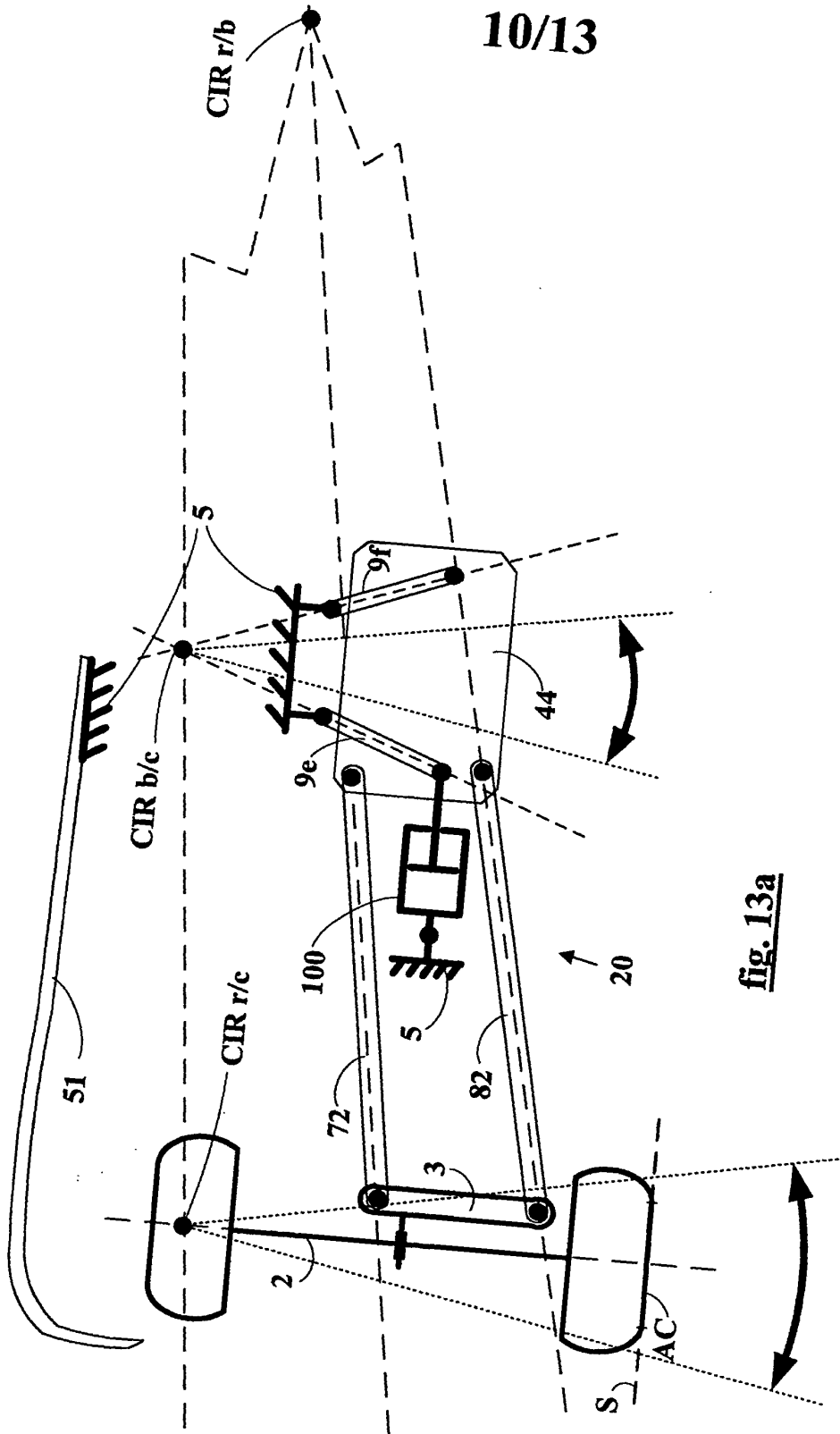
**fig. 10**



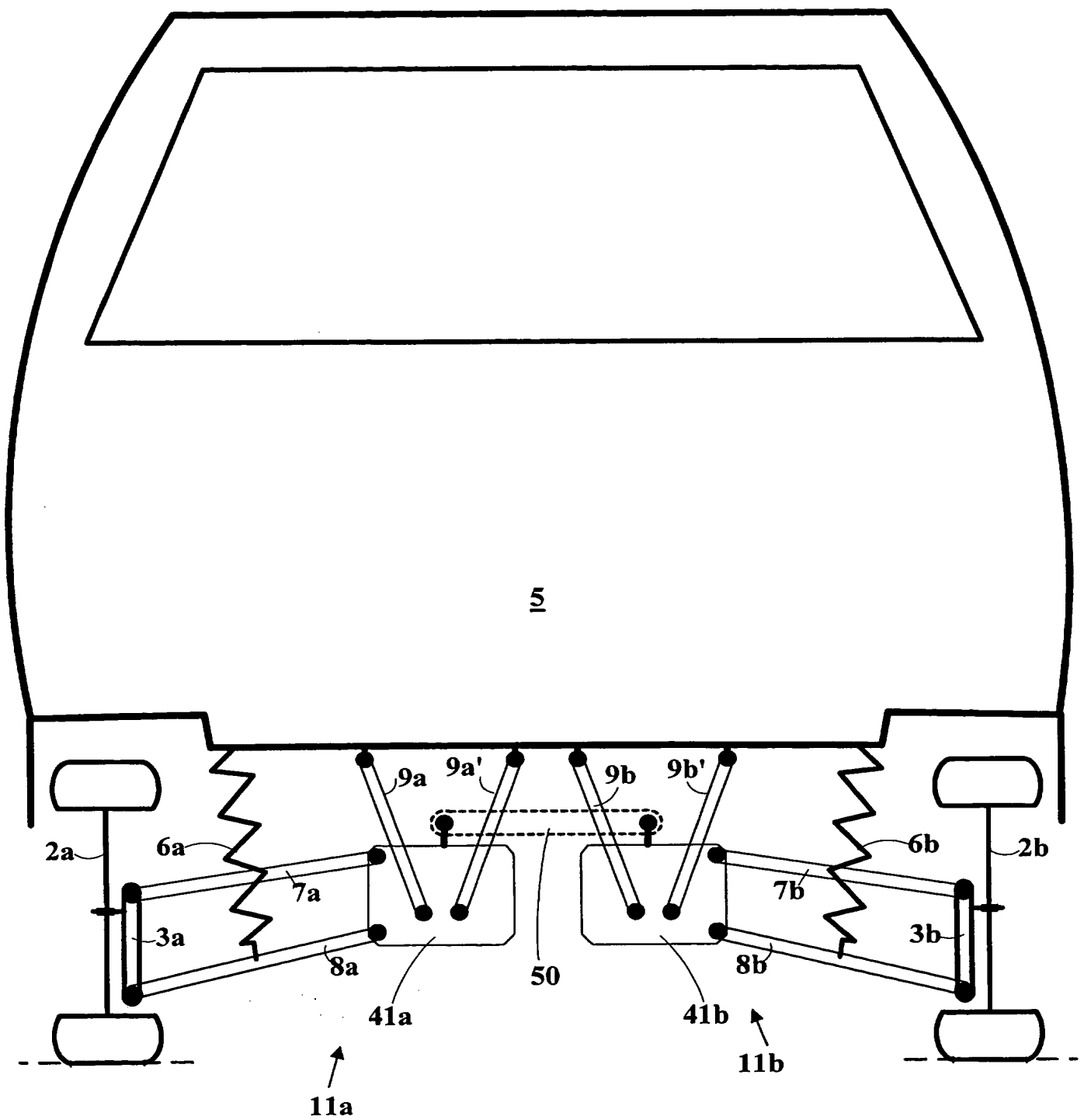
**fig. 11**



10/13



**fig. 13a**

**fig. 14**

12/13

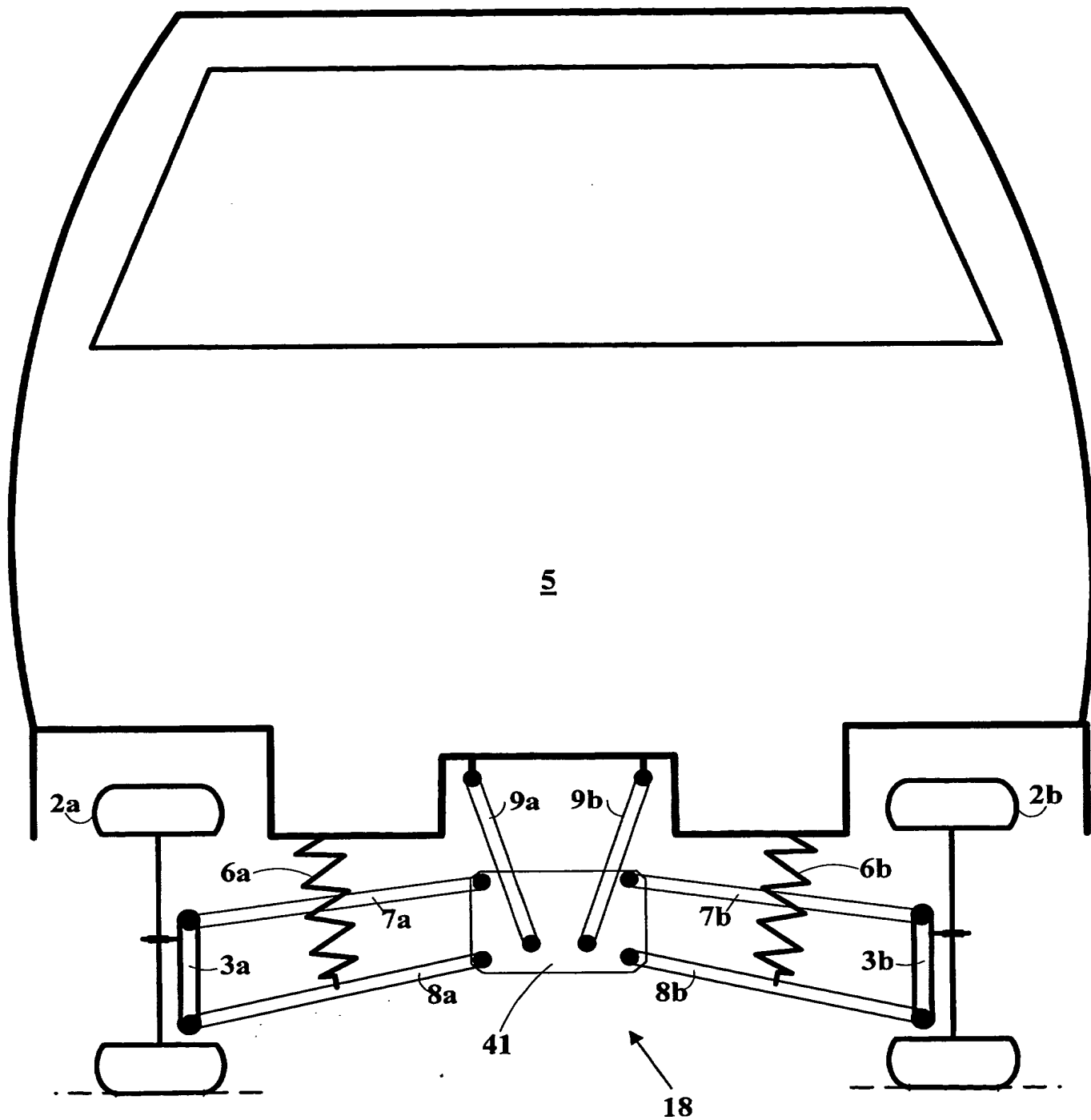


fig. 15

fig. 15a

